SetE BULLETIN SCIENCE ET ENVIRONNEMENT SetE.
Numéro 31 juillet/août 2002

LES OISEAUX, VICTIMES DES PESTICIDES

En l'espace de quelques semaines, en 1995-1996, on estime que 20 000 Buses de Swainson ont péri empoisonnées sur des terres agricoles d'Argentine, après s'être nourries de sauterelles qui avaient été traitées au monocrotophos, un insecticide hautement toxique. Cet événement a soulevé de grandes inquiétudes quant à la sécurité des oiseaux qui fréquentent des champs ou des forêts traités aux insecticides.

Merle empoisonné par les pesticides.

Une récente étude effectuée par des scientifiques d'Environnement Canada (EC) donne à penser que les hécatombes de cette ampleur ne sont pas rares et que l'effet qu'exercent plusieurs pesticides sur les oiseaux a été grandement sous-estimé. L'une des raisons en est que les modèles utilisés couramment pour évaluer la sécurité aviaire ne tiennent pas compte de certaines considérations importantes et n'ont jamais été validés officiellement par des études sur le terrain appropriées.

Il est difficile de se faire une idée exacte du nombre des décès d'oiseaux dus aux pesticides, parce que seule une proportion minuscule de ces décès est documentée. La plupart passent inaperçus, beaucoup d'oiseaux empoisonnés se cachant ou allant mourir dans des lieux éloignés, ou bien, leurs carcasses se décomposent rapidement ou sont dévorées par les détritivores. À cela s'ajoute le fait qu'il existe généralement peu de surveillance dans ce domaine et que beaucoup de champs et de forêts ne sont pas aisément accessibles aux chercheurs.

Les scientifiques d'EC sont d'avis que la destruction massive d'oiseaux est répartie d'habitude sur de vastes secteurs. Si deux ou trois carcasses par hectare peuvent paraître négligeables et ne seront probablement pas remarquées par l'utilisateur du pesticide, elles n'en représentent pas moins une perte significative si on les projette sur des zones entières d'application. Des études exhaustives effectuées par l'industrie des pesticides au début et jusqu'au milieu des années 1980 nous prouvent jusqu'à quel point la mortalité est peu remarquée, à moins que nous ne mettions en œuvre des ressources considérables pour la détecter.

Par exemple, en se fondant sur plusieurs études intensives menées sur une formulation pesticide granulaire particulière utilisée sur le maïs, les scientifiques estiment que le produit en question tuait annuellement entre 10 et 52 millions d'oiseaux chanteurs dans la Corn Belt américaine—la plupart des victimes appartenant à une demi-douzaine d'espèces. Au plus fort de sa popularité, dans l'ouest de l'Ontario, le même produit provoquait une mortalité annuelle estimée entre 244 000 et 1,3 million d'oiseaux chanteurs. Et pourtant, une poignée seulement d'incidents portant sur un nombre très faible d'oiseaux ont été signalés aux États-Unis, tandis qu'aucun cas de mortalité n'était mentionné en Ontario.

Les résultats de l'analyse récente portent à croire que plusieurs produits présentement homologués et largement utilisés au Canada ou aux États-Unis peuvent provoquer une mortalité aviaire significative même lorsque les taux d'application indiqués sont respectés et que les instructions sur l'usage du produit sont rigoureusement suivies. Certains exemples de la situation étaient connus même avant ces dernières recherches. C'est ainsi que le diazinon, un pesticide de gazon utilisé communément sur les terrains de golf et comme insecticide de maison et de jardin, a provoqué la mort d'un nombre d'oies et bernaches et d'autres espèces de sauvagine brouteuses allant de quelques individus à plusieurs centaines. L'insecticide carbofurane, utilisé au Canada jusqu'à récemment, a amené les Chevêches des terriers, une espèce en péril, à abandonner leurs colonies et a tué des bandes de mouettes et goélands qui avaient consommé des sauterelles contaminées.

Les scientifiques d'EC pensent désormais que plusieurs autres pesticides de toxicité moindre tuent eux aussi des oiseaux d'une façon régulière et en grande partie inévitable —même s'ils le font moins fréquemment. La raison en est que l'effet d'un pesticide dépend non seulement de sa toxicité, mais aussi du nombre d'oiseaux se trouvant sur les lieux—nombre qui varie considérablement selon l'emplacement

Suite à la page 2

À L'INTÉRIEUR

2 Les ouragans battent les records sur l'Atlantique
2 La qualité de l'eau surveillée depuis l'espace
3 Réduire les émissions des navires
4 On joue pour de bon

Suite de la page 1

et l'époque de l'année. Les oiseaux étant extrêmement mobiles, il est difficile, sinon impossible, de les exclure des zones traitées. Il existe par conséquent très peu de situations, en foresterie comme en agriculture, où des oiseaux ne sont pas présents et susceptibles d'être exposés à la pulvérisation d'un pesticide.

La destruction massive survenue en Argentine constitue un événement anormal, non pas tellement en raison de la toxicité élevée du pesticide responsable, mais à cause du grand nombre d'oiseaux qui étaient présents au moment de l'application. En dépit du nombre élevé de carcasses trouvées dans une zone aussi concentrée, il est probable que cet événement n'aurait pas été remarqué si les chercheurs ne s'étaient pas adonnés à suivre les déplacements de certains oiseaux depuis leurs aires de reproduction dans les Prairies canadiennes à l'aide d'émetteurs satellite.

L'usage des pesticides chimiques industriels a commencé à se répandre dans les années 1930 comme moyen de lutter contre les insectes et les rongeurs, les champignons et les plantes indésirables—essentiellement en vue de la production d'aliments et de produits fibreux. On les applique de diverses façons, en les pulvérisant par exemple par avion ou par tracteur, en les enfouissant dans le sol, en les aspergeant sous forme de granulés ou de boulettes, ou en en enrobant les semences. Les oiseaux absorbent ces produits chimiques par leurs pattes et leur peau lorsqu'ils sont pulvérisés directement ou lorsque les oiseaux entrent en contact avec une surface traitée, comme le feuillage. Ils les ingèrent aussi en effectuant leur lissage, les avalent avec leur nourriture, ou les méprennent pour des graines ou du gravier, les absorbent en buvant de l'eau d'irrigation contaminée et les inhalent enfin sous forme de vapeur d'eau ou de fines gouttelettes.

Les espèces vivant sur des terres agricoles et dans des zones dégagées sont plus susceptibles que les autres de courir des risques. C'est le cas notamment pour la sauvagine et les oiseaux considérés comme gibier qui consomment de grandes quantités de feuillage, les oiseaux chanteurs qui sont attirés par les semences traitées aux pesticides et les granulés insecticides, les détritivores et les prédateurs qui consomment des proies contaminées, ainsi que les oiseaux qui se nourrissent de parasites agricoles, tels que les sauterelles, les hannetons et les vers gris. La perte d'oiseaux appartenant à ce dernier groupe d'espèces est doublement tragique en raison du rôle naturel très important qu'ils jouent dans le contrôle des parasites. Les pesticides contribuent à la diminution du nombre de la plupart des oiseaux résidant sur les terres agricoles d'Europe. Les scientifiques d'EC pensent que les pesticides exercent un effet similaire sur certaines populations d'oiseaux d'Amérique du Nord, particulièrement les espèces vivant dans les zones dégagées telles que l'Alouette hausse-col et l'Étourneau des prés.

Bien que les pesticides ne soient pas utilisés d'une façon aussi intensive au Canada que dans de nombreux autres

Les insecticides utilisés dans les champs de maïs et d'autres cultures pour les débarrasser des sauterelles et autres parasites menacent l'existence de nombreux oiseaux qui se nourissent de ces insectes.

pays industrialisés, ils ne sont pas moins largement employés—sur les terres de culture autant que dans les forêts commerciales et les vergers. En se fondant sur une comparaison des incidents concernant l'empoisonnement d'oiseaux de proie en Amérique du Nord et au Royaume-Uni, les scientifiques d'EC et leurs collaborateurs à l'échelle internationale en sont arrivés à la conclusion que la proportion élevée d'empoisonnements survenant après l'usage spécifié de ces produits chimiques au Canada et aux États-Unis est une indication du faible nombre des pesticides les plus toxiques dont l'usage est réglementé ici par rapport au Royaume-Uni.

La plupart des pesticides problématiques sont des insecticides inhibiteurs de la cholinestérase—des produits chimiques hautement toxiques qui tuent en attaquant un enzyme essentiel à la transmission des impulsions nerveuses. Cette classe d'insecticide, qui comprend les composés organophosphorés et les insecticides du groupe des carbamates, affecte la plupart des vertébrés et des invertébrés et est souvent appliquée aux cultures plus d'une fois durant la saison de croissance. Plusieurs insecticides inhibiteurs de la cholinestérase homologués aujourd'hui sont si toxiques pour les oiseaux qu'il est difficile de les appliquer sans provoquer de mortalité.

Il ne faut qu'une faible quantité de tels insecticides pour tuer un oiseau, surtout s'il est de petite taille. Les oiseaux exposés qui ne meurent pas directement peuvent subir d'autres effets physiologiques, tels qu'un manque de coordination et une perte d'appétit, ainsi que des modifications de toutes sortes de leur comportement. Affaiblis, ils sont plus sujets à l'hypothermie et à la prédation et peuvent se révéler incapables d'attirer un partenaire, de défendre leur territoire ou d'élever leurs couvées. De nombreux pesticides sont connus pour causer des problèmes de reproduction chez les oiseaux à des taux qui ne sont pas exagérément toxiques.

Au Canada comme ailleurs dans le monde, les efforts de réglementation visant à évaluer l'effet possible des pesticides sur les oiseaux se basent sur des modèles qui n'ont jamais été officiellement validés en fonction des résultats d'études réelles sur le terrain. Pour effectuer leurs prédictions, ces modèles utilisent des niveaux de toxicité déterminés en laboratoire et des estimations des résidus alimentaires et des taux de consommation.

Pour vérifier jusqu'à quel point ces modèles parviennent à prédire les effets réels, les scientifiques d'Environnement Canada se sont livrés à un examen détaillé de près de 200 études sur le terrain effectuées par des manufacturiers, des organismes gouvernementaux et d'autres intervenants à l'échelle mondiale. Ces études portaient notamment sur la surveillance d'oiseaux individuels ou de populations aviaires avant, pendant et après la pulvérisation d'un pesticide inhibiteur de la cholinestérase selon les instructions fournies sur l'étiquette.

Les résultats de cet examen, qui ont été publiés au début de l'année, ont montré que l'effet des pesticides sur les oiseaux est beaucoup plus considérable que ne le prédisent les modèles d'évaluation des risques. La raison en est qu'un certain nombre de facteurs importants ne sont pas pris en considération. L'une des principales conclusions qui émanent de l'examen d'EC est que la toxicité dermique d'un pesticide—c'est-à-dire le degré auquel il pénètre la peau d'un

Suite à la page 3

Suite de la page 2

oiseau—constitue un facteur extrêmement important de prédiction de la mortalité aviaire sur le terrain. L'exposition dermique peut excéder d'autres voies d'exposition dans de nombreuses conditions, et pourtant, elle n'est pas prise en considération présentement dans les évaluations de risques courantes. Contrairement aux procédures d'évaluation des risques concernant les mammifères, il n'existe pas de vérification systématique de la toxicité dermique des pesticides pour les oiseaux, ce qui explique la raison pour laquelle l'effet de certains pesticides a toujours été considérablement plus élevé que ce qui avait été prédit en se basant uniquement sur la toxicité orale.

Si l'examen a clairement établi que le taux d'application d'un pesticide agissait sur l'éventualité d'une réaction toxique, il a aussi souligné le besoin de trouver un moyen de mesurer la vulnérabilité des oiseaux en général à divers pesticides. Trop peu d'espèces sont généralement utilisées dans les tests alimentaires pour permettre de bien comprendre les différences de sensibilité existant parmi les espèces.

Le fait que la mortalité aviaire est concomitante aux efforts de lutte contre les insectes accomplis présentement dans nos champs et nos forêts pourrait être surprenant, car de tels cas sont rarement signalés. Une des raisons en est que la recherche des carcasses à l'intérieur et autour des zones traitées est très difficile : les carcasses d'oiseaux se confondent souvent avec leur environnement et beaucoup sont petites et difficiles à déceler. De plus, les détritivores en éliminent en 24 heures entre 40 et 90 p. 100. Des études ont montré que même des équipes de chercheurs bien entraînés lancées à la recherche de carcasses volontairement disséminées dans un champ dénudé n'en récupèrent généralement qu'entre 10 et 15 p. 100. Les chances que les usagers quotidiens de pesticides soient au courant d'un problème quelconque sont infimes, sinon inexistantes.

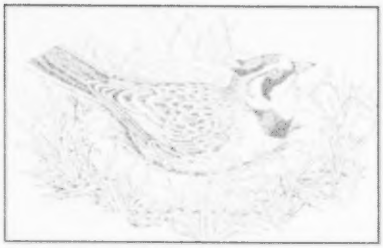
Les scientifiques d'Environnement Canada utilisent actuellement le modèle d'études sur le terrain qu'ils ont récemment mis au point pour établir exactement la probabilité de mortalité aviaire lorsque des pesticides spécifiques sont appliqués à des taux déterminés sur des cultures particulières. Les résultats obtenus par ce modèle ont déjà été mis en pratique pour aider à valider des systèmes d'évaluation des produits conçus par les autorités réglementaires de l'Union européenne et des États-Unis; ils pourraient aussi être pris en considération par l'Agence canadienne de réglementation de la lutte antiparasite dans son examen prochain des insecticides organophosphorés et de ceux du groupe des carbamates.

La prochaine étape de l'étoffement de ce modèle consistera à le rendre plus quantitatif—c'est-à-dire capable non seulement de prédire la probabilité qu'une application donnée résultera en une mortalité aviaire, mais aussi d'estimer le nombre d'oiseaux qui mourront et l'influence que cette situation exercera sur les populations locales. Il s'agit d'un défi de taille, car il requiert une estimation du nombre d'oiseaux (y compris les espèces migratrices) se trouvant dans des endroits donnés à différentes époques de l'année. Le Canada possède très peu de données concernant l'utilisation des terres agricoles par les oiseaux et n'en recueille pas sur l'usage courant des pesticides.

Tout en s'efforçant de se procurer ces données manquantes, les scientifiques se livrent à des recherches étendues dans différentes régions des États-Unis—des champs de coton de Californie aux vergers de citrus de Floride—afin de déterminer les secteurs dans lesquels l'usage des pesticides peut constituer une source d'inquiétude en ce qui a trait aux oiseaux migrateurs. Dans le sillage de l'hécatombe des Buses de Swainson, en Argentine, ils aident aussi les autorités agricoles de ce pays à évaluer les risques associés à tous les insecticides utilisés dans cette région et collaborent avec des scientifiques africains à l'évaluation des insecticides utilisés pour combattre l'invasion des criquets pèlerins dans la région Sahel au sud du Sahara.

L'avenir réserve des défis encore plus considérables, car un certain nombre de nouveaux pesticides arrivant sur le marché n'agissent pas aussi rapidement que certains de ceux en usage actuellement. Cette situation fait qu'il sera encore plus difficile de documenter avec exactitude la mortalité aviaire, puisqu'un plus grand nombre d'individus iront mourir dans un lieu éloigné, où on ne pourra les trouver. En outre, la signature chimique de nombreux produits nouveaux n'ayant pas encore été déterminée, il sera difficile de préciser la cause du décès dans un nombre croissant de cas.

Bien que jusqu'à maintenant on ait surtout cherché à prédire les effets



Les espèces vivant dans les espaces découverts, telles que l'Alouette hausse-col, sont particulièrement sensibles aux effets des pesticides.

létaux aigus de l'exposition aux pesticides, la mortalité immédiate n'est pas l'unique façon dont les espèces aviaires sont touchées. Les modèles existants ne disent rien de la mortalité différée, des conséquences sur la reproduction, ni des effets sur les oisillons nourris d'aliments contaminés. On néglige aussi les effets indirects sur les populations aviaires découlant de la destruction des sources de nourriture et de la réduction des abris végétaux dans les champs cultivés et autour de ceux-ci due à l'usage de pesticides. Des études effectuées au Royaume-Uni ont établi un rapport entre la biomasse des insectes disponible et la survie des jeunes Perdrix grises, et entre la disponibilité des graines de mauvaises herbes et les populations d'autres espèces granivores. Bien qu'ils n'aient pas encore été documentés au Canada, il est probable que des effets similaires sont ressentis par les espèces aviaires vivant ici.

Il pourra s'écouler quelque temps avant que les scientifiques ne soient en mesure de savoir approximativement combien d'oiseaux meurent chaque année au Canada sous l'effet direct et indirect de l'usage des pesticides. Ce qui est clair, toutefois, c'est que l'ampleur du problème est beaucoup plus considérable qu'on ne l'avait imaginé. Ce n'est que par la lutte intégrée contre les ennemis des cultures—c'est-à-dire en combinant un usage judicieux et mieux ciblé des pesticides moins toxiques pour les oiseaux à d'autres méthodes—que les agriculteurs, les forestiers et les autres utilisateurs de pesticides pourront parvenir à redresser la situation. Parmi les autres méthodes existantes, on peut citer la culture d'espèces résistant aux parasites, la rotation des cultures, l'établissement de plantes de couverture, la libération de proies et l'attraction d'espèces d'oiseaux et d'insectes qui effectuent un contrôle naturel des parasites au moyen de la conservation ou de la création d'habitats appropriés. SoE

LES OURAGANS BATTENT LES RECORDS SUR L'ATLANTIQUE

Les tempêtes se font plus nombreuses dans le bassin de l'Atlantique. Au cours de la dernière décennie, le nombre des cyclones tropicaux—c'est-à-dire des ouragans, des tempêtes tropicales et des dépressions tropicales—s'est considérablement accru, la période de 1995 à 2001 constituant l'intervalle de sept ans le plus actif à jamais avoir été enregistré dans les archives.

Les météorologues du Centre canadien des ouragans d'Environnement Canada à Dartmouth (Nouvelle-Écosse) craignent que cette tendance n'ait des effets graves sur les régions côtières du Canada atlantique. Même si les cyclones tropicaux contournent souvent ce secteur en demeurant en haute mer ou le frappent avec une intensité amoindrie, leur énergie s'étant dissipée au-dessus des eaux plus froides, ils provoquent fréquemment une montée des eaux, d'énormes vagues, des vents destructeurs et des pluies diluviennes. Les hausses mesurables du niveau de la mer enregistrées ces dernières années et l'affaissement graduel de la croûte terrestre—phénomène géologique connu sous le nom de subsidence—pourraient intensifier encore à l'avenir les risques d'inondations causés par ces tempêtes.

Un cyclone tropical est une tempête presque circulaire qui possède une pression de surface très basse au centre de son système, produisant des vents violents spiralant vers l'intérieur en sens inverse des aiguilles de la montre et qui s'accompagne généralement de fortes pluies. C'est la vitesse des vents qui permet de déterminer si un cyclone se présente sous la forme d'une dépression tropicale, d'une tempête tropicale ou d'un ouragan—la forme la plus intense, avec des vents soutenus d'une vitesse de 118 km/h et plus. Les ouragans affichent une circulation de surface bien définie et une zone de pression extrêmement basse au centre, appelée « l'œil ». Les tempêtes tropicales et les ouragans sont appelés « tempêtes baptisées », parce que chacune de ces perturbations est dotée d'un nom propre qui permet aux météorologues, aux médias et à la population en général de se tenir plus facilement au courant des prévisions, des veilles et des alertes météorologiques dans leur secteur.

La saison des tempêtes tropicales dans le bassin de l'Atlantique—qui englobe le littoral nord-est du Canada et des États-Unis—dure généralement du début de juin jusqu'à la fin de novembre, atteignant son point culminant vers la mi-septembre. C'est alors que les eaux de l'océan, qui fournissent l'énergie aux cyclones, sont les plus chaudes. D'une façon générale, les cyclones qui touchent l'est de l'Amérique du Nord prennent naissance dans le golfe du Mexique, l'est de l'océan Atlantique et la mer des Antilles.

La première tempête tropicale à s'abattre sur le bassin de l'Atlantique en 2001 s'est manifestée le 5 juin et la dernière, le 4 décembre—ce qui a donné la plus longue saison de tempêtes depuis 1981. Durant cette période, on a enregistré 15 tempêtes tropicales, 9 ouragans et 4 ouragans de très forte intensité—près du double de la moyenne des 30 années précédentes, établie à 9,5, 5,6 et 2,0 respectivement. Le premier ouragan n'a pris forme que le 8 septembre, confirmant la tendance récente aux formations tardives. La majeure partie de cette activité est survenue durant les trois derniers mois de la saison, trois ouragans ayant pris naissance en novembre pour la première fois selon les archives.

Ouragan Humberto, 26 septembre 2001. Photo : National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA).

Bien que 2001 ait constitué la quatrième année consécutive d'activité supérieure à la moyenne dans le bassin, le nombre de tempêtes baptisées est en hausse constante depuis plus d'une décennie. Au cours du siècle écoulé, la moyenne était de 8,7 par an, tandis que pour les 50 dernières années, elle s'établit à 9,9. De 1991 à 2000, le nombre a atteint 11,8—la plus forte moyenne sur 10 ans jamais enregistrée—avec 6,9 ouragans et 2,8 ouragans de très forte intensité en moyenne chaque année.

Dans la « zone d'intervention » du Canada atlantique—la région côtière qui s'étend du nord de la Virginie jusqu'à l'île de Terre-Neuve—la fréquence annuelle moyenne des tempêtes baptisées a été de 3,3 pour les 100 dernières années, de 4,2 pour les 50 dernières années, de 4,4 pour la dernière décennie et de 5,7 pour les sept dernières années. Au cours des trois dernières années, la zone a connu

Structure d'un cyclone tropical. Graphique : NOAA.

Suite à la page 5

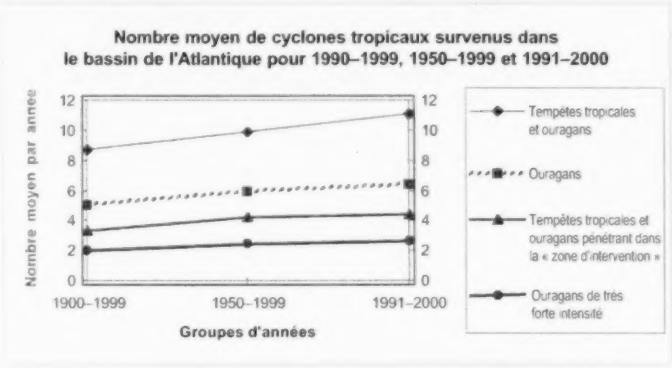
Suite de la page 4

six tempêtes baptisées par an, dont beaucoup ont provoqué des inondations dans certaines régions de Terre-Neuve, de l'Île-du-Prince-Édouard, du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse.

En 1999, les vestiges de l'ouragan Harvey ont convergé avec une autre tempête active, déversant 302 mm de pluie en 30 heures sur Oxford, en Nouvelle-Écosse. En octobre 2000, Michael s'est abattu sur Terre-Neuve avec des rafales allant jusqu'à 172 km/h, et une tempête importante accompagnée d'humidité tropicale est passée à l'est du Cap-Breton, en Nouvelle-Écosse, provoquant une montée des eaux de 1,5 mètre et des vagues de 12 mètres qui ont inondé le nord de l'Île-du-Prince-Édouard et le sud du Nouveau-Brunswick. Durant une période de 30 jours particulièrement active, de la fin d'août à la fin de septembre 2001, quatre tempêtes tropicales ont franchi les eaux du sud-ouest des Grands Bancs, déversant chacune plus de 100 mm de pluie sur Terre-Neuve. Gabrielle a établi un record de pluie de six heures atteignant 90 mm à St. John's, ce qui a incité le maire de la ville à la qualifier de « pire tempête en 100 ans ».

Il ne fasse aucun doute que le bassin de l'Atlantique connaît actuellement une période de recrudescence des tempêtes tropicales. Comme c'est le cas pour beaucoup de tempêtes, l'activité des ouragans se déroule selon des cycles qui peuvent durer d'un an jusqu'à un siècle. Par exemple, les ouragans étaient assez actifs dans le bassin depuis les années 1930 jusqu'aux années 1960, mais relativement calmes pendant les années 1970 et 1980.

Les températures moyennes à la surface de la mer et la salinité sont supérieures à la normale depuis les années 1980—situation qui prédispose les océans à la création de cyclones tropicaux. D'autres conditions climatiques ont également influé sur la formation des ouragans ces dernières saisons, notamment l'amplification des moussons en Afrique occidentale, une configuration favorable du courant-jet de l'ouest au-dessus de l'Afrique et une réduction du cisaillement vertical du vent, soit un changement de la vélocité et de la direction du vent avec l'altitude, au-dessus du cœur de la zone de développement des ouragans.



Même si les facteurs de prévision globaux émettent un signal mixte pour le bassin de l'Atlantique cette saison, on s'attend à ce que l'activité des ouragans soit proche de la normale. Les experts sont d'avis que la température des eaux de surface de l'Atlantique tropical aura un effet neutre sur le développement des tempêtes, alors que les vents stratosphériques seront favorables. Cependant un El Niño faible à modéré prévu pour cet automne pourrait agir en qualité de facteur suppressif.

Les scientifiques du Canada et des États-Unis surveillent de près les nombreux facteurs qui influent sur la création des cyclones tropicaux, afin d'améliorer la prévision de ces derniers et d'avertir la population le plus rapidement possible. Ils étudient aussi les tendances manifestées par les températures à la surface de la mer, le cisaillement du vent et d'autres facteurs, pour déterminer s'ils subissent les effets des changements climatiques.

Quelles que soient les causes qui sous-tendent l'accroissement de l'activité des tempêtes dans le bassin de l'Atlantique, le message fourni aux planificateurs, aux organismes d'intervention d'urgence et aux autres intéressés dans la région demeure évident : des mesures doivent être prises dès maintenant pour parer à ce qui pourrait constituer un grave danger d'inondation dans les années à venir. SoE

CONDITIONS PROPICES AUX PERTURBATIONS

Plusieurs conditions sont requises pour que se forme un cyclone tropical. Il faut tout d'abord que la température à la surface de la mer soit d'au moins 26,5 °C. C'est la chaleur de l'eau, ainsi que la chaleur latente libérée par la condensation, qui fournissent l'énergie à la tempête.

Les tempêtes tropicales requièrent également une atmosphère potentiellement instable. Si l'atmosphère se refroidit d'une façon générale avec l'altitude et manifeste une zone de haute pression avec un flux vers l'extérieur dans ses régions supérieures, l'air aura tendance à s'élever des niveaux inférieurs.

La perturbation ne prendra de l'ampleur que si les vents à tous les niveaux de l'atmosphère—de la surface de l'océan à plus de 9 km d'altitude—soufflent d'une façon relativement faible, à la même vitesse et dans la même direction. En d'autres termes, le cisaillement vertical du vent doit être faible afin de permettre à l'air ascendant de se déplacer vers le haut sans interruption. Les phénomènes El Niño causent un cisaillement de vent élevé et exercent par conséquent un effet modérateur sur la création des cyclones tropicaux.

Enfin, les cyclones tropicaux ne peuvent se former à moins de 500 km environ de l'équateur, sinon la force de Coriolis due à la rotation de la terre sera trop faible pour favoriser la circulation.

LA QUALITÉ DE L'EAU SURVEILLÉE DEPUIS L'ESPACE

Depuis le lancement de *Landsat-1*, il y a 30 ans, la télésurveillance a permis aux scientifiques de recueillir une foule de renseignements sur les caractéristiques physiques et biophysiques de la Terre. Pourtant, si les données obtenues par satellite nous ont appris beaucoup sur les régions terrestres et médio-océaniques de notre planète, elles nous ont fourni très peu de détails sur nos eaux intérieures et côtières jusqu'ici.

La bonne qualité des eaux intérieures et côtières est essentielle à la santé humaine et environnementale, ainsi qu'à la bonne marche de l'économie canadienne axée sur les ressources. L'usage de satellites pour surveiller la qualité de l'eau contribuerait grandement à la protection et à la préservation de cette ressource, car cela fournirait aux scientifiques et aux décideurs des signes avertisseurs des contraintes exercées sur l'environnement ou de la vulnérabilité accrue de ce dernier dans une région particulière.

La surveillance par satellite des eaux intérieures et côtières est beaucoup plus complexe que celle de la qualité des eaux médio-océaniques. Cela tient au fait que la couleur de l'eau—qui constitue un indicateur de sa qualité—est causée par l'absorption et la diffusion de la lumière solaire et de la lumière du ciel par la matière organique et inorganique dans l'eau.

Dans les eaux médio-océaniques, le seul colorant est le phytoplancton porteur de chlorophylle et ses produits de décomposition. Il est par conséquent relativement aisé pour les scientifiques d'utiliser des modèles de télédétection et des algorithmes pour déduire les concentrations de chlorophylle dans l'océan en fonction des propriétés optiques de ce colorant unique.

Dans le cas des eaux intérieures, la couleur de l'eau naturelle adjacente à une masse terrestre ou entourée par celle-ci est déterminée non seulement par le phytoplancton et les produits de décomposition, mais aussi par d'autres substances colorées. Ces dernières incluent les sédiments en suspension et la matière organique dissoute provenant de la terre ferme. Très souvent, ces colorants peuvent masquer la contribution de la chlorophylle à la couleur de l'eau telle qu'elle est enregistrée à altitude satellitaire.

Les chercheurs de l'Institut national de recherche sur les eaux (INRE) d'Environnement Canada ont surmonté cette difficulté en mettant au point un modèle qui simule le transfert de l'énergie et la diffusion des radiations du soleil et du ciel à travers le point auquel l'air et l'eau se rejoignent et au-dessous de celui-ci. À partir de ces prémisses, ils ont créé un modèle bio-optique et élaboré des techniques d'analyse qui permettent de déterminer les concentrations de chlorophylle, de sédiments en suspension et de matière organique dissoute à partir d'une seule mesure à distance de la couleur de l'eau.

Les scientifiques comparent ce procédé au mélange de la peinture : en connaissant les couleurs individuelles des divers éléments contenus dans l'eau—par exemple, vert pour la chlorophylle, rouge pour l'argile et brun pour la matière organique dissoute—le modèle est en mesure de déterminer quelle quantité de chacun de ces éléments doit être présente pour produire la couleur mesurée par le satellite.

Grâce à cette technologie, les chercheurs sont désormais capables d'évaluer la qualité des eaux intérieures depuis l'espace. Les scientifiques de l'INRE ont appliqué avec succès ce modèle aux eaux du lac Ontario, modèle qui, par la suite, a constitué le fondement des études de la qualité de l'eau du lac Ladoga, en Russie, pour ce qui est de la contribution de longue date de l'INRE à l'accord bilatéral Canada-Russie de coopération environnementale. Et l'année dernière, il a été appliqué à la télédétection de la qualité de l'eau du lac Érié dans le cadre du Programme de développement d'applications en observation de la Terre de l'Agence spatiale canadienne.

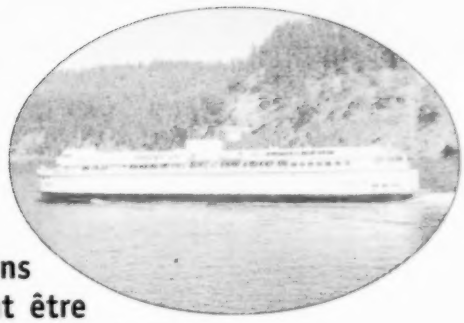
Maintenant, les chercheurs projettent de mettre à profit l'information satellitaire passée et actuelle, ainsi que les données obtenues de nouveaux satellites environnementaux munis de dispositifs de résolution spatiale et spectrale perfectionnés, pour déceler et surveiller les tendances environnementales dans les lacs et les rivières partout au Canada. Ils pourront alors créer des « mosaïques de la qualité de l'eau » de divers endroits, afin d'évaluer les répercussions des contraintes environnementales sur les ressources hydrauliques du pays.

Bien qu'il soit évident que la surveillance de la qualité de l'eau par télédétection ne remplacera jamais la surveillance au sol, cette méthode n'en possède pas moins de nombreuses applications potentielles qui pourraient aider à protéger l'environnement et profiter à l'économie. Par exemple, le fait de donner suite aux premiers indicateurs de dégradation d'un écosystème en adoptant rapidement des mesures correctives pourrait accroître la viabilité écologique de la foresterie, de l'agriculture et du développement des ressources. Ce genre d'information permettrait aussi aux chercheurs d'évaluer l'efficacité d'un programme de restauration pour la qualité de l'eau—avantage indéniable à une époque où les Canadiens se préoccupent de plus en plus de la qualité de leur eau.

Vue du lac Érié par satellite. L'estompage variable indique les différences de qualité de l'eau dans diverses parties du lac.

Environnement Canada œuvre présentement avec l'Agence spatiale canadienne à l'élaboration d'une stratégie spatiale pour le gouvernement du Canada. Cette stratégie vise à faire en sorte que les vastes quantités de données environnementales que les satellites recueilleront au cours de la prochaine décennie soient utilisées de la façon la plus avantageuse possible pour faire face aux questions concernant les changements climatiques, la biodiversité et la qualité de l'air, de même que la qualité et la quantité de l'eau. SoE

RÉDUIRE LES ÉMISSIONS DES NAVIRES



Bien que le transport maritime international ne produise que 7 p. 100 environ des émissions mondiales d'oxydes d'azote (NO_x), les répercussions de ces polluants sur la qualité de l'air peuvent être importantes. Chaque année, par exemple, Vancouver reçoit les émissions créées par 8 000 mouvements de navires dans son port.

Produits principalement par la combustion de combustibles fossiles, les NO_x et les composés organiques volatils (COV) réagissent dans l'air stagnant et à la lumière du soleil pour former l'ozone troposphérique—un des principaux composants du smog. Cette forme d'ozone peut nuire à la santé humaine et cause aussi des dommages aux plantes et aux matières synthétiques.

Mais les NO_x et les COV ne sont pas les seuls polluants atmosphériques rejetés par les cheminées des navires océaniques. Les particules, le dioxyde de soufre, le dioxyde de carbone et le monoxyde de carbone font aussi partie du mélange. Les particules, autres composants importants du smog, sont constituées de matières microscopiques qui, lorsqu'elles sont inhalées, peuvent provoquer des troubles respiratoires et cardiaques.

Dans le cadre d'initiatives visant à réduire la pollution atmosphérique par les navires, l'Organisation maritime internationale (OMI) a négocié des normes relatives aux NO_x pour les navires hauturiers et cherche à faire de même concernant les particules. Les normes sur les NO_x sont actuellement en instance d'être acceptées par tous les membres de l'OMI, dont le Canada.

Le Centre de technologie environnementale d'Environnement Canada collabore avec Transports Canada depuis plus d'une dizaine d'années afin de déterminer l'ampleur des émissions des navires hauturiers au Canada et d'étudier les possibilités qu'offrent les technologies de lutte contre ces émissions pour les moteurs diesel actuellement en usage. Des études réalisées sur un petit nombre de navires marchands, de porte-conteneurs et de paquebots de croisière de la région de Vancouver ainsi que sur le *Cabot*—un navire de charge faisant la navette entre Montréal et St. John's—ont révélé que les émissions de NO_x de ces navires dépassent très souvent les normes de l'OMI.

Deux technologies de rechange prometteuses pour la réduction des NO_x et d'autres émissions de moteurs diesel font appel à l'eau pour refroidir la chambre de combustion du moteur. Les systèmes d'injection d'eau, qui introduisent de petites quantités d'eau dans la prise d'air du moteur, et des combustibles composés d'émulsions eau-diesel réduisent la température du moteur en utilisant une partie de cette chaleur pour transformer l'eau en vapeur. L'abaissement de température qui en résulte se traduit par une diminution des émissions de NO_x et de particules. Les moteurs alimentés aux émulsions eau-diesel sont même moins polluants que les systèmes à injection d'eau parce qu'ils brûlent moins de combustibles fossiles.

Des essais réalisés avec un système manuel d'injection d'eau à bord du *Queen of New Westminster*, traversier pour passagers et véhicules à moteur utilisé en Colombie-Britannique, ont montré la possibilité de réduire les NO_x de 15 à 25 p. 100. Depuis, l'équipe de projet d'Environnement Canada et de Transports Canada a mis au point une version du système commandée par ordinateur qui, selon les résultats obtenus en laboratoire, hausse ces réductions jusqu'à 20 à 28 p. 100. Transports Canada travaille présentement à la création d'une version adaptée du système à utiliser et à évaluer à bord du *Cabot*.

Afin de mesurer les différences dans les niveaux des émissions et du rendement, Environnement Canada a évalué des émulsions eau-diesel contenant 5, 10, 15 et 20 p. 100 d'eau en poids. Le mélange à 20 p. 100 a donné les plus fortes réductions de gaz d'échappement, abaissant les NO_x de 8 p. 100 et les particules de 83 p. 100. Une version commerciale de ce mélange a déjà été mise en marché par une entreprise privée.

Cherchant à réduire davantage les NO_x, d'autres essais ont été effectués sur les effets de modifications apportées au réglage de l'injection de carburant. Retarder le réglage dans un moteur diesel ordinaire abaisse les émissions de NO_x et d'hydrocarbures, mais accentue les émissions de monoxyde de carbone, de dioxyde de carbone et de particules. Accélérer le réglage a l'effet contraire. En utilisant une émulsion eau-carburant à 20 p. 100 et en retardant légèrement le réglage, on a obtenu des réductions de 58 p. 100 de NO_x et de 72 p. 100 de particules.

Un des inconvénients des émulsions de carburant est que le rendement énergétique et la puissance diminuent à mesure qu'augmente le pourcentage d'eau dans l'émulsion, le processus de combustion produisant alors moins d'énergie utilisable. Les systèmes à injection d'eau ont un effet comparable, quoique moins accentué. De plus, en introduisant trop d'eau dans un moteur, on risque d'étouffer le procédé de combustion et d'accroître la formation d'hydrocarbures, de monoxyde de carbone et de particules.

Environnement Canada a un brevet en voie d'homologation pour un nouveau mécanisme qui mélange l'eau et le carburant juste à l'entrée de la chambre de combustion. Le nouveau système permet de modifier le rapport eau-carburant selon les besoins du navire—facteur important en cas de tempêtes et d'autres situations urgentes.

Grâce à leurs efforts pour mettre au point et tester des technologies aptes à réduire les émissions nocives des moteurs de navires en usage, les chercheurs aideront à améliorer la qualité de l'air dans les villes portuaires achalandées sur les deux littoraux canadiens et ailleurs dans le monde. **Sol**

ON JOUE POUR DE BON

Si la plupart des gens ont une certaine idée du genre de monde qu'ils aimeraient créer pour l'avenir, bien peu savent comment s'y prendre pour en faire une réalité. Pourtant, tous les jours, nous faisons des douzaines de choix qui auront inévitablement des incidences sur notre vie et sur l'environnement dans les années à venir—à partir des produits que nous achetons jusqu'à la manière de nous rendre au travail tous les matins.

Pour aider les gens à comprendre les effets de leurs choix, des chercheurs de l'Université de Colombie-Britannique (UBC) se sont associés à Environnement Canada et à d'autres intervenants des secteurs public et privé pour mettre au point un jeu interactif informatisé qui permet aux joueurs de planifier leur propre destinée.

Le jeu en question, QUEST, a été conçu, à l'origine, pour le bassin du Fraser, qui s'étend de l'intérieur de la Colombie-Britannique au détroit de Géorgie, près de Vancouver. Au cours des quatre dernières années, toutefois, il a été modifié de manière à y inclure des données géographiques, environnementales, sociales et économiques concernant tout particulièrement le bassin de Géorgie. On s'attend à ce que cette région—qui comprend la partie continentale sud-ouest de la Colombie-Britannique et la limite sud-est de l'île de Vancouver—connaisse de sérieuses contraintes environnementales en raison de la croissance démographique rapide prévue pour les 10 à 25 prochaines années.

QUEST a été conçu pour inciter les membres des collectivités locales et les autres intéressés à trouver des solutions à certains des défis épineux auxquels le bassin sera confronté sous peu dans les domaines du transport, de la croissance urbaine, de l'aménagement des terres, de la pêche, de la foresterie, de la gestion des déchets, du logement, de la pollution atmosphérique et de l'habitat faunique.

En effectuant une modélisation de l'interaction complexe des facteurs sociaux, écologiques et économiques dans la région, QUEST permet aux gens de déterminer de quelle manière les choix qu'ils font aujourd'hui influeront sur leur vie et leur environnement dans 40 ans. Environnement Canada a aidé à la mise au point de ce jeu en partageant les données géographiques et scientifiques du Ministère ainsi que son expertise en matière de modélisation, en participant aux efforts de vulgarisation et en contribuant au financement du projet par le truchement de l'Initiative de l'écosystème du bassin de Géorgie.

Bien que le jeu lui-même puisse prendre à peine une demi-heure, les joueurs peuvent passer des heures—et le font souvent—à explorer les différentes options qu'il leur offre. En plus d'avoir à choisir le genre d'avenir politique qu'ils envisagent pour le Canada, ils sont appelés à définir leurs préoccupations les plus pressantes, en fonction desquelles ils peuvent faire un certain nombre de choix concernant leur mode de vie. QUEST énonce aussi diverses politiques susceptibles de mettre en application les lois et les règlements—ce qui permet aux joueurs de déterminer le genre de leadership qui leur conviendrait.

QUEST aide les joueurs à déceler les « empreintes humaines » dans la région à forte densité de population du bassin de Géorgie, en Colombie-Britannique.

Une fois qu'ils ont fait leurs choix, les joueurs examinent des indicateurs et des comptes rendus montrant les principaux problèmes et tendances qui existeront dans 40 ans, ainsi que des graphiques précisant la façon dont l'économie, l'environnement et d'autres aspects de la vie auront changé avec le temps par suite de leurs décisions. QUEST permet aussi aux joueurs de revenir en arrière et de modifier leurs choix afin de déterminer comment les résultats en seraient touchés.

Des centaines d'usagers ont fait connaître leur réaction à une version d'essai de QUEST publiée à l'automne 2001 à [www.basinfutures.net]. On travaille présentement à une version définitive de QUEST pour le Web, et une version autonome intitulée « Workshop QUEST » sera achevée en septembre 2002. Une version vidéo simplifiée, conçue spécialement pour les enfants, est présentée périodiquement au Decision Theatre du Science World de Vancouver—où des versions intégrales du jeu peuvent être utilisées pour des réunions publiques, des groupes de discussion et des ateliers réunissant des gestionnaires de l'aménagement des terres, des conseillers municipaux, des urbanistes et d'autres intervenants.

Les choix effectués par les joueurs sont conservés (avec leur autorisation) et seront étudiés par l'équipe du Sustainable Development Research Institute de l'UBC en vue de déterminer le genre d'avenir que les gens envisagent pour le bassin et les compromis auxquels ils sont disposés à consentir pour l'assurer. Ces données seront utiles pour les décideurs des secteurs privé et public et devraient conduire à des choix meilleurs, plus éclairés et plus viables par rapport à l'écosystème de la région.

L'UBC envisage non seulement d'améliorer la version d'essai actuelle de QUEST, mais aussi d'amplifier le modèle pour y inclure la région du Puget Sound, dans l'État de Washington, vu que l'écosystème du bassin de Géorgie s'étend au-delà de la frontière entre le Canada et les États-Unis. Entre-temps, les initiateurs du modèle QUEST ont mis au point des versions préliminaires destinées à Mexico (Mexique), à Canterbury (Nouvelle-Zélande), au nord-ouest de l'Angleterre et à Bali. S•E

Bulletin S et E

Ce bulletin présente tous les deux mois de l'information sur les travaux de pointe d'Environnement Canada, en sciences et en technologie.

Pour obtenir plus de renseignements sur un sujet mentionné dans le présent bulletin ou dans des numéros antérieurs, veuillez consulter le site Web de *S et E* à l'adresse [www.ec.gc.ca/science]. Bon nombre des publications ministérielles mentionnées dans le *Bulletin* figurent sur la Voie verte d'Environnement Canada à [www.ec.gc.ca] ou peuvent être commandées auprès de l'Infomathèque au 1-800-668-6767.

Il est possible d'obtenir les coordonnées de scientifiques en communiquant avec Paul Hempel, éditeur du *Bulletin*, par courrier électronique à Paul.Hempel@ec.gc.ca ou par téléphone au (819) 994-7796. Les commentaires ou suggestions sont accueillis favorablement.

N'hésitez pas à reproduire de l'information provenant de la présente publication en indiquant sa source : le *Bulletin S et E* d'Environnement Canada.

ISSN 1480-3801 © Sa Majesté la Reine du chef du Canada (Environnement Canada) 2002